

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**  
**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к курсовой работе и  
практическим занятиям

по дисциплине

**ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ**

*(для студентов 2 и 3 курсов дневной и заочной форм обучения  
направления подготовки 6.060103 – Гидротехника (Водные ресурсы))*

Методические указания к курсовой работе и практическим занятиям по дисциплине «Гидротехнические сооружения» (для студентов 2 и 3 курсов дневной и заочной форм обучения направления подготовки 6.060103 – Гидротехника (Водные ресурсы)) / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова; сост.: Г. И. Благодарная, О. В. Булгакова. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2015. – 42 с.

Составители: канд. техн. наук, доц. Г. И. Благодарная,  
канд. техн. наук, доц. О. В. Булгакова.

Рецензент: докт. техн. наук, проф. С. С. Душкин

Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод,  
протокол № 1 от 28.09.2014 р.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Указания к составлению курсового проекта.....	5
2 Задание на курсовой проект.....	6
3 Выбор типа и конструкции водоприемных сооружений.....	7
4 Гидравлические и технологические расчеты.....	8
4.1 Определение расчетных расходов.....	8
4.2 Расчет, подбор решеток и сеток.....	8
5 Расчет самотечных линий.....	10
6 Определение отметок уровней воды в водоприемник.....	12
7 Увязка всасывающих трубопроводов насосной станции с водоприемни- ками.....	14
7.1 Подбор насосов и выбор схемы коммуникаций насосной стан- ции.....	14
7.2 Расчет всасывающих линий.....	14
7.3 Определение отметки оси центробежного насоса и оси всасываю- щего трубопровода.....	15
8 Определение строительных размеров водоприемника.....	16
8.1 Выбор типа и места расположения оголовка русловых водозабо- ров.....	16
8.2 Определение характерных отметок и размеров подземной части во- доприемника.....	16
8.3 Определение строительных размеров подземной части в плане.....	18
8.4 Определение строительных размеров наземной части.....	26
9 Удаление отложений из самотечных трубопроводов, чистка решеток и сеток, удаление осадка из водоприемника.....	27
9.1 Промывка самотечных трубопроводов.....	28
9.2 Удаление загрязнений с решеток и сеток.....	28
9.3 Удаление осадка из водоприемника.....	29
10 Подбор вспомогательного оборудования.....	30
10.1 Подбор грузоподъемных устройств.....	30
10.2 Подбор арматуры.....	31
10.3 Рыбозащитные устройства.....	31
11 Санитарная охрана площадки водозабора.....	32
12 Строительная часть.....	32
13 Задания для практических занятий.....	33
Приложение 1.....	37
Приложение 2.....	39
Список источников.....	41

## **ВВЕДЕНИЕ**

Гидротехнические сооружения – инженерные сооружения, предназначенные для использования природных водных ресурсов (рек, озер, морей, грунтовых вод) или для борьбы с вредным действием воды. С помощью гидротехнических сооружений возможно управление водоемами и потоками регулирование расходов и уровней, изменение величины и направления скоростей, режимов наносов и льда и др. в соответствии с требованиями и нуждами потребителей.

Курсовой проект выполняется в соответствии с учебным планом. В ходе выполнения курсового проекта студент применяет все полученные знания как по специальному курсу, так и по основным техническим и строительным дисциплинам: гидравлике, гидрологии и гидротехническим сооружениям, строительным и железобетонным конструкциям, основаниям и фундаментам, технологии строительного производства.

При работе над курсовым проектом студент пользуется соответствующими нормами и техническими условиями и ГОСТами, а также справочниками и пособиями, рекомендованными в настоящих методических указаниях.

Выполнение курсового проекта имеет целью научить студентов проектированию водоприемных сооружений, привить им навыки в выборе типа и конструкции водозабора с производством необходимых технологических расчетов и конструктивного оформления. Изложенные методики могут быть использованы также в дипломном проектировании.

## **1 УКАЗАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА "ВОДОПРИЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ"**

При разработке курсового проекта по водоприемным сооружениям следует проектировать наиболее прогрессивные типы водоприемных сооружений. Расчетная часть проекта составляется на основе существующих норм и технических условий проектирования водоприемных сооружений. В методических указаниях приведены основные данные по проектированию, даны примеры расчета различных водоприемных сооружений, их технологические и конструктивные решения .

В задании по составлению проекта водозаборных сооружений входят следующие задачи: выбор типа и места расположения (площадки) водозабора; обоснование и выбор схемы и конструкции водозаборных сооружений; выполнение гидравлических расчетов основных элементов водозаборных сооружений и их отдельных элементов; определение количества рабочих и резервных водоприемников и их элементов; конструирование водозаборного сооружения; выбор и компоновка связывающих водозаборное сооружение коммуникаций; установление необходимых для надежной эксплуатации водозабора устройств и приспособлений; установление границ санитарной охраны для источника водоснабжения и для водозаборного сооружения.

Привести описание зоны санитарной охраны водозаборных сооружений.

## 2 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ "ВОДОПРИЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ"

### *Проектирование водоприемных сооружений*

1. Основной потребитель воды - \_\_\_\_\_.
2. Геологическое строение берега - \_\_\_\_\_.
3. Суточное водопотребление - \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>.
4. Отметки:
  - а) дна реки - \_\_\_\_\_ м;
  - б) поверхности земли - \_\_\_\_\_ м.
5. Особые условия:
  - а) количество взвешенных наносов,  $\rho$  - \_\_\_\_\_ кг/м<sup>3</sup>;
  - б) шуга - \_\_\_\_\_ балл;
  - в) ледостав,  $h_d$  - \_\_\_\_\_ м;
  - г) крупность отложившихся наносов,  $d$  - \_\_\_\_\_ м;
  - д) высота волны,  $h_e$  - \_\_\_\_\_ м.
6. Гидрологический режим реки:
  - а) отметка самого низкого горизонта воды (СНГВ) - \_\_\_\_\_ м;
  - б) отметка нижнего горизонта ледостава (НГЛ) - \_\_\_\_\_ м;
  - в) отметка самого высокого горизонта воды (СВГВ) - \_\_\_\_\_ м.
7. Напор насосов для подачи воды на ОСВ - \_\_\_\_\_ м.

#### **Состав курсового проекта:**

*а) расчетно-пояснительная записка должна содержать:*

титульный лист;

содержание;

введение, в которое входят анализ исходных данных по проектированию и другие материалы, имеющие принципиальное значение для характеристики выполняемого проекта;

задание (исходные данные);

обоснование выбора источника водоснабжения;

обоснование выбора места расположения водозабора;

обоснование схемы водозаборного узла, типа и конструкции водозаборного сооружения;

гидравлический расчет водоприемных и водопропускных устройств водозаборов с назначением конкретных размеров соответствующих (расчетных) конструкций и приспособлений;

обоснование количества работающих и резервных водозаборов и их элементов из условия надежности и экономичности забора воды из источника;

детальный расчет необходимых диаметров труб, размеров решеток, оголовков приемных труб, размеров приемных окон при конструкциях береговых водоприемников, размеров плоских сеток береговых колодцев и водоприемников и диаметров всасывающих труб насосов;

определение потери напора при движении воды в водоприемных сооружениях и уровне воды при нормальном и аварийном режимах. Аварийный режим предполагает пропуск полного расчетного расхода воды по одной самотечной линии;

подбор необходимого грузоподъемного оборудования;

обоснование размеров границ зон санитарной охраны и указания по их организации и содержанию;

в необходимых случаях – определение и описание (с соответствующими расчетами и обоснованиями) мероприятий, устройств, приспособлений и конструкций по защите водозаборных сооружений от факторов, затрудняющих прием воды из источника.

#### **б) графический материал**

Схема водоприемных сооружений в профиле в масштабе 1:100 или 1:200. На схеме указывают отметки осей сооружений, трубопроводов, диаметры последних, отметки земли, уровни воды и т.п.

### **3 ВЫБОР ТИПА И КОНСТРУКЦИИ ВОДОПРИЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

При выборе типа водозаборного сооружения необходим учет различных факторов, основными из которых являются: нормативная категория надежности подачи воды, характеристика природных условий забора воды, топографические, гидрологические, геологические и гидрогеологические условия площадки строительства, а также характеристики основного насосного оборудования.

В соответствии с заданными условиями студент должен выбрать тип водоприемных сооружений и их конструкции. Площадка под водоприемные сооружения (береговой водоприемник, береговой колодец) и насосную станцию 1-го подъема должна иметь отметку, превышающую не менее чем на 0,5 м уровень горизонта самых высоких вод.

При выборе типа водоприемника следует руководствоваться данными пунктов 5.88-5.90, 5.92 и таблицы 13 [1]. Первоначально необходимо установить степень сложности природных условий забора воды по таблице 12 [1] и в соответствии с этим и категорией водоприемника по таблице 13 [1] или приложению 1 таблицы 1 принять схему водозабора. Если при заданной категории возможен выбор нескольких типов водоприемников, решающую роль играет форма поперечного сечения русла. Водоприемные ковши применяют в составе водозаборов средней и большой производительности I категории надежности подачи воды для борьбы с шуголедовыми помехами, для забора воды при недостаточных глубинах воды в водоисточнике и для обеспечения водоотбора, большего  $0,25 Q_{\min}$  в реке. Важно учитывать также следующее. На реках и озерах могут применяться береговые, русловые или комбинированные водоприемники.

Водоприемник руслового типа преимущественно применяется при пологом строении берега при сравнительно небольшой амплитуде колебания уровня воды в реке. Водоприемные сооружения состоят из затопленного оголовка, самотечной линии, берегового колодца и всасывающей линии. Оголовок по своей

конструкции должен быть защищен от повреждения на судоходных и сплавных реках. При большой глубине водоема возможного устройства незащищенного оголовка в виде стояка с уширенным входным отверстием.

При широкой затопляемой пойме реки, когда прокладка самотечных труб на большой глубине нежелательна, а также при тяжелых грунтовых условиях (плывуны, скальные грунты и др.) целесообразно заменить самотечные линии сифонными трубопроводами, прокладываемыми на значительно меньшую глубину.

Береговой водоприемник раздельного типа целесообразно применять при высоких крутых берегах, значительных глубинах в месте его расположения и больших расходах забираемой воды. В состав сооружений входят: незатопляемый береговой водоприемник, всасывающие трубопроводы и заглубленная насосная станция 1-го подъема. По своей конструкции береговой водоприемник представляет пустотелый мостовой устой с входными окнами.

Береговой водоприемник совмещенного типа целесообразно применять при тех же условиях, что и раздельного типа, при соответствующих грунтовых условиях. В этом случае насосная станция 1-го подъема совмещается с береговым водоприемником, что уменьшает объем сооружений и их стоимость, а также длину всасывающих линий. При сложении берега из твердых пород основание насосной станции может быть расположено на более высокой отметке по сравнению с отметкой основания берегового водоприемника.

## 4 ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

При проектировании речных водозаборов гидравлическими расчетами определяют площадь входных окон в оголовке или на передней стенке берегового колодца, площадь пропускных окон берегового (водоприемного) колодца, перекрытых плоскими сетками (или рабочую площадь ленточных вращающихся сеток); диаметры самотечных линий и трубопроводов для подачи промывной воды в эти линии; необходимую высоту берегового (водоприемного) колодца.

### 4.1 Определение расчетных расходов

Размеры основных элементов водозабора определяется гидравлическими расчетами при расчетном расходе воды и минимальном уровне воды в источнике, при этом расчет следует выполнять на условиях нормальной и форсированной работы элементов водоприемника.

Нормальная работа приемника воды будет иметь место при одновременной работе всех секций. В форсированном режиме элементы водоприемника будут работать при отключении одной секции. При этом согласно требованиям п. 4.4 [1] снижение подачи воды при I и II категориях надежности не должно превышать 30%.

Расчетный расход секции в нормальном режиме  $Q_n$

$$Q_n = \frac{0,7 \cdot Q_{\text{макс.сут}} \cdot \alpha}{24 \cdot 3600 \cdot n_c}, \quad (4.1)$$

где  $Q_{\text{макс.сут}}$  – расход воды для суток максимального водопотребления, м<sup>3</sup>/сут;



$\alpha$  – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды очистных сооружений, равный 1,0÷1,3;

$n_c$  – число секций (из соображений надежности количество секций следует принимать не менее двух).

Расчетный расход воды одной секции в форсированном режиме  $Q_\phi$

$$Q_\phi = \frac{0,7 \cdot Q_{\text{макс.сут}} \cdot \alpha}{24 \cdot 3600 \cdot (n_c - 1)}, \quad (4.2)$$

Определение размеров элементов водоприемника выполняют на пропуск расхода  $Q_n$ . По расходу  $Q_\phi$  определяют потери напора в элементах водоприемника с целью расчета минимального уровня воды в береговом колодце.

#### 4.2 Расчет, подбор решеток и сеток

Площадь водоприемных окон в оголовке или передней стенке берегового колодца определяют при работе всех секций водозабора (кроме резервных) по формуле

$$F_\phi = 1,25 \cdot \frac{Q_n}{V} \cdot K_I, \quad (4.3)$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий загрязнение решетки водорослями и мусором;

$V$  – условная средняя скорость течения воды в отверстиях решетки, принимается в зависимости от особенностей водоема, мутности и шугоносности потока, принимаемая в соответствии с [1, п. 5.94]:

а) при заборе воды из шугоносных рек: в береговых незатопленных водозаборах – 0,2÷0,6 м/с; при затопленных водоприемных оголовках – 0,1÷0,3 м/с;

б) при заборе воды из озер, водохранилищ, водоприемных ковшей и равнинных рек: в береговых водозаборах – 0,4÷1,0 м/с; при затопленных водоприемных оголовках – 0,2÷0,6 м;

$K_I$  – коэффициент увеличения, учитывающий заполнение водоприемного отверстия стержнями решетки, определяемый по формуле

$$K_I = \frac{a + d}{a}, \quad (4.4)$$

где  $d$  – диаметр стержней, принимается 6÷12 мм;

$a$  – расстоянием между стержнями в свету, 50÷100 мм.

Низкие пределы входных скоростей назначаются при значительном количестве наносов в источнике (свыше 1000 мг/дм<sup>3</sup> в паводок).

По площади водоприемного окна назначаются его размеры в соответствии с типовыми грубыми решетками, данные которых приведены в таблице 3 [2, С. 4] или по таблице. 3 (прил. 1). Размеры решеток выбирают с таким расчетом, чтобы они имели небольшую массу и были удобны для подъема (их высота должна быть больше ширины). При подборе решеток следует учитывать, что в некоторых типах оголовков высота окна меньше его ширины, и в одной секции может быть несколько решеток.

При значительных колебаниях уровня воды в источнике входные окна водозаборов располагают в два яруса, чтобы всегда можно было получить воду лучшего качества.

Сетки, через которые проходит вода из приемного во всасывающее отделение, могут быть плоские (подъемные) или вращающиеся.

В средних и тяжелых условиях забора воды при производительности водозабора более 1 м<sup>3</sup>/с следует применять вращающиеся сетки.

Площадь плоских сеток  $F_c$  определяют при минимальном уровне воды в сетчатом колодце по формуле

$$F_c = 1,25 \cdot \frac{Q_n}{V_c} \cdot K_c, \quad (4.5)$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий загрязнение части полотна сеток перед их промывом;

$V_c$  – допускаемые скорости течения в сетках принимаемые равными 0,2÷0,4 м/с – для плоских и 0,4÷0,5 м/с – для вращающихся;

$K_c$  – коэффициент, учитывающий стеснения отверстия сеткой, вычисляют по формуле

$$K_c = \left[ \frac{a + d}{a} \right]^2, \quad (4.6)$$

где  $a$  – размер ячейки сетки в свету, см, для плоских сеток принимается от 2 до 5 мм, для вращающихся – от 5 до 3 мм;

$d$  – диаметр проволоки сетки, см; принимается 1,0÷3 мм для плоских сеток и 3÷1,2 мм для вращающихся сеток.

Площадь вращающихся сеток, погруженная в воду, определяется по формуле (4.5) с учетом коэффициента  $K_c$  по формуле (4.6). При установке вращающихся сеток с внутренним и внешним подводом воды величина  $F_c$  уменьшается вдвое.

Плоские сетки подбирают по площади в таблице 4 [2] или по таблице 4 (прил. 1), а вращающиеся по производительности – в таблице 5 [2, С. 14-23] или по таблице 5 (прил. 1).

По способу подвода к сеткам загрязненной воды и отвода от них частей, конструкции вращающихся сеток могут быть разделены следующим образом: с лобовым подводом (по нормали к полотну сетки); с лобово-внешним подводом воды; с внутренним (внутрь полости, огражденной сеткой) и с внешним подводом (во внешние части сеточной камеры).

## 5 РАСЧЕТ САМОТЕЧНЫХ ЛИНИЙ

Самотечные линии прокладывают в плане и вертикальной плоскости без резких поворотов, вызывающих отложение наносов, сора и шуги и затрудняющих промыв и очистку водоводов.

Самотечные линии соединяют оголовки и береговые водоприемные колодцы. Количество самотечных линий должно быть не менее двух (обычно их количество соответствует числу секций берегового колодца). Самотечные линии

укладываются преимущественно из стальных труб. Самотечные водоводы в реке должны быть защищены от подмыва речным потоком и повреждения якорями судов. С этой целью их следует заглублять ниже дна не меньше чем на 0,5 м или производить обсыпку грунтом с укреплением его от размыва.

Расчет самотечных линий выполняют для нормальных и аварийных условий работы.

Диаметр самотечной линии  $D_c$  определяют по формуле

$$D_c = \sqrt{\frac{4Q_n}{\pi V_c}}, \quad (5.1)$$

где  $Q_n$  – расчетный расход водозабора в нормальном режиме, м<sup>3</sup>/с;

$V_c$  – расчетная скорость, м/с. При этом скорость движения воды в самотечном трубопроводе таблице 6 (прил. 1).

Большие значения следует принимать для больших производительностей водозабора при большом содержании взвеси и малой длине линий. Повышение скорости вызывает увеличение потери напора и глубины берегового колодца.

Потери напора в самотечных линиях определяются как для нормального, так и для аварийного режимов работы водозабора. В этом случае оставшиеся в работе самотечные линии (одна отключена) должны обеспечивать пропуск 70% расчетного расхода для водозаборных сооружений II и III категории, и 100% – для I.

Потери напора в самотечных и сифонных линиях рассчитываются как сумма потерь напора по длине трубопровода, потерь напора в мусорозадерживающих решетках, потерь напора на местные сопротивления:

$$h_{с.л.} = h_l + h_p + h_m, \quad (5.2)$$

где  $h_l$  – потери напора на единицу длины  $h_l = i \cdot l$ ;  $i$  – по таблицам Ф.Н.

Шевелева, в зависимости от скорости и диаметра трубопровода;

$l$  – длина самотечной линии трубопровода, м.

Длина самотечной линии определяется расстоянием на поперечном профиле реки между оголовком, который устанавливается в месте, где обеспечивается необходимая минимальная глубина  $H$ , и водоприемным сетчатым колодцем, который устанавливается на незатопленном берегу. Длина линий не должна быть больше 100 м. При большей длине оголовки приближают к берегу, заглубляя дно, или водоприемного колодец приближают к оголовку, обеспечивая одновременно подсыпку и выравнивая берег.

$h_p$  – потери напора в решетке оголовка, можно принять равным 0,05÷0,1 м,

для аварийного режима работы принимают 0,10÷0,20 м;

$h_m$  – местные потери, состоящие из потери при входе в решетку оголовка, при сужении трубы, в колене и т.д.

Местные потери напора вычисляют по формуле

$$h_m = \sum \zeta \frac{V^2}{2g}. \quad (5.3)$$

где  $\sum \zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений в фасонных частях и арматуре;

$V$  – скорость движения воды, м/с;

$g$  – ускорение силы тяжести, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

Значения коэффициентов местных сопротивлений можно принимать следующие:

Вход в трубу без расширения.....	0,5
Плавный очерченный вход в трубу.....	0,1
Приемная сетка без клапана.....	2-3
Приемный клапан с сеткой.....	5-10
Обратный клапан.....	1,7
Колено с углом $90^\circ$ .....	0,5-0,76
Колено с углом $45^\circ$ .....	0,25-0,30

Для сварных колен коэффициент сопротивления следует увеличить на 50%;

Переход суживающийся.....	0,1
Переход расширяющийся.....	0,25
Тройник в прямом направлении.....	0,1
Тройник в направлении ответвления.....	2,0
Тройник при разделении потока.....	1,5
Выход из трубы в резервуар.....	1,0
Сварное колено.....	1,5
Сварной отвод с углом $45^\circ$ .....	0,45
Задвижка (в зависимости от степени открытия).....	0,15-0,2.

Потери напора подсчитываются как для нормального режима, так и для аварийного (выключение одной самотечной линии на ремонт).

В результате подсчета потерь напора определяют низший горизонт воды в приемной части берегового колодца и отметка дна колодца.

## 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТОК УРОВНЕЙ ВОДЫ В ВОДОПРИЕМНИКЕ

Определение отметок расчетных уровней в береговом водоприемном колодце следует производить при минимальном уровне в водоисточнике из условия отключения одной секции или отключения одной самотечной (сифонной) линии. Отметки уровней воды определяют с учетом потерь напора в решетках, сетках и самотечных трубопроводах.

Отметка расчетного уровня воды в приемном отделении руслового водозабора

$$Z_{ПР} = Z_{СНГВ} - h_{с.л.}, \quad (6.1)$$

где  $Z_{СНГВ}$  – отметка минимального горизонта воды в источнике водоснабжения,

$h_{с.л.}$  – потери напора в самотечных линиях, м, определенные расчетом ранее.

Отметка расчетного уровня воды в приемном отделении берегового водозабора

$$Z_{\text{ПР}} = Z_{\text{СНГВ}} - h_p, \quad (6.2)$$

где  $Z_{\text{СНГВ}}$  – отметка минимального горизонта воды в источнике водоснабжения,

$h_p$  – потери напора в решетке, можно принять равным  $0,05 \div 0,1$  м.

Отметку расчетного уровня во всасывающем отделении для руслового и берегового водозабора рассчитывают одинаково

$$Z_{\text{ВС}} = Z_{\text{ПР}} - h_c, \quad (6.3)$$

где  $h_c$  – потери напора в сетке принимается в плоских сетках –  $0,1 \div 0,15$  м, во вращающихся сетках –  $0,1 \div 0,3$  м.

## 7 УВЯЗКА ВСАСЫВАЮЩИХ ТРУБОПРОВОДОВ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ С ВОДОПРИЕМНИКАМИ

### 7.1 Подбор насосов и выбор схемы коммуникаций насосной станции

Исходными данными для подбора насосов являются производительность насосной станции и расчетный напор (приведенный в задании). Производительность станции I подъема определяется производительностью водозабора, которая должна обеспечивать максимальный суточный расход воды, расход воды на собственные нужды водопровода, пополнение пожарного запаса воды в сроки, устанавливаемые [1], учитывать возможность перспективы роста потребности воды.

$$Q_{НС-I} = \frac{0,7 \cdot Q_{max.сут.} \cdot \alpha}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды очистных сооружений и другие расходы, равный  $1,0 \div 1,3$ .

Количество насосных агрегатов принимают по СНиПу [1, С. 48]. Общее количество насосов в насосной станции должно быть не менее трех.

Схема коммуникаций зависит от категории надежности, количества насосов и количества секций водоприемника. Если всасывающих линий две, а насосов три и более, то эти трубопроводы объединяют коллектором (например, см. рис. 7.1); при этом арматура расставляется таким образом, чтобы при выходе из строя любого вида оборудования или арматуры была обеспечена подача полного (100%) расчетного расхода для водозаборов I и II категорий надежности и 70% – для водозаборов III категории надежности [1, п. 7.5].

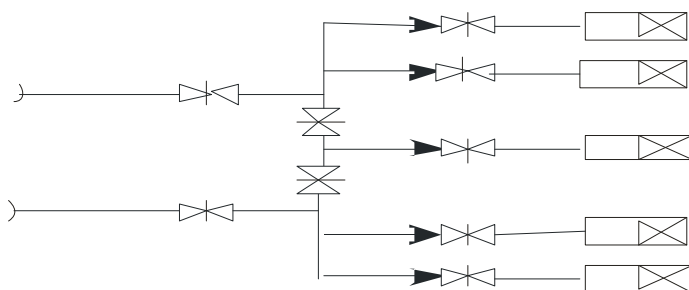


Рисунок 7.1 – Схема расположения коммуникаций насосной станции

Расчетную производительность насоса определяют по формуле

$$Q_{нр} = \frac{Q_{НС-I}}{n}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.2)$$

где  $n_{раб}$  – число рабочих насосов.

По значениям  $Q_{нр}$  и  $H_{нр}$  (см. технические характеристики насосов) подбираются тип и количество насосных агрегатов, а также находится значение  $H_{ВАК}^{дон}$  – допустимой вакуумметрической высоты или  $\Delta h_{дон}$  – допустимого кавитационного запаса.

## 7.2 Расчет всасывающих линий

Расчет заключается в определении диаметра и потерь напора. Количество всасывающих линий должно быть не менее двух. При выключении одной линии вторая должна быть рассчитана на пропуск полного расчетного расхода для I и II категорий надежности и на 70% расчетного расхода для III категории надежности. Если каждый насос имеет самостоятельную всасывающую линию, ее рассчитывают по расчетной производительности насоса.

Диаметр всасывающих линий вне насосной станции

$$D_{вс.тр.} = \sqrt{\frac{4Q_{НС-I}}{\pi V_{вс.тр.}}}, \quad (7.3)$$

где  $Q_{НС-I}$  – производительность насосной станции I-го подъема, м<sup>3</sup>/с;

$V_{вс.тр.}$  – расчетная скорость во всасывающем трубопроводе, м/с.

Диаметр всасывающих линий вне насосной станции определяется при скорости движения воды 1,2÷2 м/с, внутри станции 0,8÷1,5 м/с ( $d=250÷800$  мм), 1,2÷2,0 м/с ( $d$  свыше 800 мм). Потери напора определяются так же, как и для самотечных линий, т.е. по формуле ( $h_{вс.тр.} = h_l + h_m$ ). При этом для расчета выбирается наиболее длинный путь движения воды от всасывающего отделения до самого удаленного насоса.

Длиной всасывающей линии задаемся: для водозаборов раздельного типа принимается: для берегового типа – 15÷30 м, для руслового типа – 30÷45 м; для совмещенного типа – 8-15 м.

На конце всасывающего трубопровода предусматривается патрубок диаметром

$$D_{вс.п.} = (1,3 \div 1,5) \cdot D_{вс.тр.}, \quad (7.4)$$

где  $D_{вс.тр.}$  – диаметр всасывающего трубопровода, м.

Длину конической части воронки принимаем

$$L_{вор.} = (3,5 \div 7)(D_{вс.п.} - D_{вс.тр.}), \text{ м.} \quad (7.5)$$

## 7.3 Определение отметки оси центробежного насоса и оси всасывающего трубопровода

Отметку оси центробежного насоса определяют по формуле

$$Z_{О.Н} = Z_{BC} + H_{Г.ВС}, \quad (7.6)$$

где  $Z_{BC}$  – минимальная расчетная отметка уровня воды во всасывающей камере;

$H_{Г.ВС}$  – геометрическая высота всасывания

$$H_{Г.ВС} = H_{ВАК}^{дон} - h_{вс.тр.} - \frac{V_{вс.п.}^2}{2g}, \quad (7.7)$$

где  $H_{ВАК}^{дон}$  – допустимая вакуумметрическая высота всасывания;  $h_{вс.тр.}$  – потери напора во всасывающем трубопроводе;  $V_{вс.п.}$  – скорость движения воды во всасывающем патрубке насоса

$$V_{вс.п.} = \frac{4 \cdot Q_{пн}}{\pi D_{вс.п.}^2}, \quad (7.8)$$

где  $Q_{pn}$  – расчетная производительность насоса, м<sup>3</sup>/с.

Если в каталоге приводится значение допустимого кавитационного запаса  $\Delta h_{don}$  вместо  $H_{BAK}^{don}$ ,

геометрическую высоту всасывания определяют по формуле, м

$$H_{Г.ВС} = H_A - H_t - h_{вс.тр.} - \Delta h_{don}, \quad (7.9)$$

где  $H_A$  – напор, соответствующий атмосферному давлению в районе, где установлен насос, зависит от высоты установки насоса над уровнем моря (для высоты 300 м  $H_A=10$  м);

$H_t$  – напор, соответствующий давлению парообразования перекачиваемой жидкости, зависит от температуры (для  $t^0 = 20^0\text{C}$   $H_t=0,24$  м);

$\Delta h_{don}$  – кавитационный запас, м. вод. ст.

Отметка оси всасывающего трубопровода в точке пересечения с осью стены водоприемника определяется по формуле

$$z_{перес} = z_{О.Н} - R - \frac{D_{вс.тр.} - D_{ВС.П}}{2} - i \cdot l_{ВС}, \quad (7.10)$$

где  $R$  – расстояние от оси насоса до оси всасывающего патрубка насоса, м, зависит от марки насоса);

$i \geq 0,005$  – уклон всасывающего трубопровода;

$D_{вс.тр.}$  и  $D_{ВС.П}$  – диаметры всасывающей трубы и патрубка насоса;

$l_{ВС}$  – длина всасывающего трубопровода от насоса до водоприемника, м.

## 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

### ВОДОПРИЕМНИКА

Высота расположения входных окон берегового водоприемника над дном водоема и низа оголовков самотечных линий зависит от количества наносов, глубины водоема и других факторов и не должна быть менее 0,5 м для рек с естественным режимом и 1,0 м для водохранилищ. Верх нижних окон в береговом водоприемнике и входных окон в речных оголовках, во избежание их обмерзания, помещают не менее чем на 0,2 м ниже нижней кромки льда при низшем горизонте ледостава и не менее чем на 0,3 м ниже горизонта самых низких вод реки.

#### 8.1 Выбор типа и места расположения оголовка руслowych водозаборов

Типы оголовков определяются условиями забора воды и характером водоема. Размеры оголовков зависят от размеров и количества решеток и диаметра самотечных линий. Подбор оголовков может быть произведен по таблице 10 [3] в зависимости от производительности водозабора, природных условий забора воды, минимальной глубины воды в реке.

Размеры мусорозадерживающей решетки обязательно привязываем к размерам стандартного оголовка (рис. 8.1)

$$h_o = H - h_{nl} - h_n, \text{ м}, \quad (8.1)$$



где  $H$  – высота оголовка над поверхностью земли, м (зависит от конструкции оголовка);

$h_{nl}$  – расстояние от верха водоприемника до водоприемного отверстия (толщина плиты);  $h_{nl} = 0,2 \div 0,3$  м (зависит от конструкции оголовка);

$h_n$  – расстояние от дна низа водоприемного отверстия (порог водоприемных отверстий) – не менее 0,5 м. С учетом возможного отложения наносов у водоприемника и для уменьшения поступления воды из природных слоев, имеющих большую мутность, обычно назначают  $h_n = 0,7 \div 1,5$ .

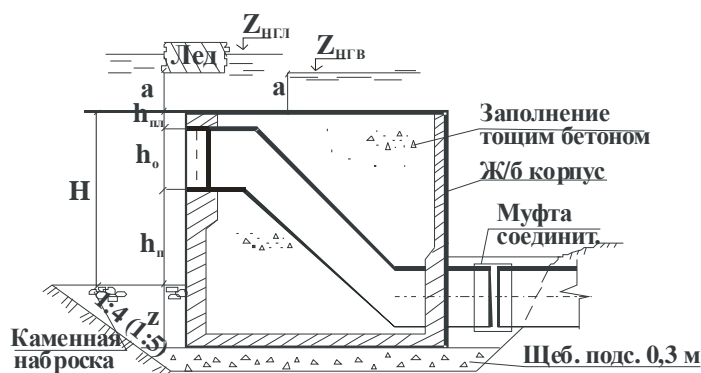


Рисунок. 8.1 – Затопленный водоприемник (разрез)

Минимальную отметку дна реки в створе водоприемных окон в оголовке по условиям можем найти размещения под НУЛ

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{НУЛ}} - 0,9 \cdot h_{\text{л}} - a - h_{\text{о}} - h_{\text{n}} - h_{\text{nl}}, \quad (8.2)$$

где  $Z_{\text{НУЛ}}$  – отметка уровня воды ледостава, м;

$h_{\text{л}}$  – толщина льда, м;

$a$  – минимальная глубина от верха водоприемника до нижней поверхности льда – не менее 0,2 м (по условиям размещения под НГЛ) или до ложбины волны (при отсутствии волнения – до уровня воды) не менее 0,3 м (по условиям размещения под НГВ).

При учете волнения расстояние от уровня воды в спокойном состоянии до самой нижней точки ложбины волны ориентировочно может быть принято равным  $\frac{1}{2}$  высоты волны.

Минимальная отметка дна реки в створе водоприемных окон в оголовке по условиям размещения под НГВ

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{НГВ}} - 0,5 \cdot h_{\text{в}} - a - h_{\text{о}} - h_{\text{n}} - h_{\text{nl}}, \quad (8.3)$$

где  $Z_{\text{НГВ}}$  – отметка низкого горизонта воды, м;

$h_{\text{в}}$  – высота волны, м.

## 8.2 Определение характерных отметок и размеров подземной части водоприемника

### А Русловой водоприемник с плоскими сетками

Минимальную отметку незатопленного берега в месте установления водоприемного колодца находим по формуле

$$Z_B = Z_{CBГВ} + h_в + 0,5, \quad (8.4)$$

где  $Z_{CBГВ}$  – самый высокий горизонт воды, м;

$h_в$  – высота волны, м.

Отметка пола служебного павильона

$$Z_n = Z_B + 0,15. \quad (8.5)$$

Отметку верха самотечной линии в колодце находим

$$Z_{CL} = Z_{ПР} - 0,5, \text{ м.} \quad (8.6)$$

где  $Z_{ПР}$  – уровень воды в приемном отделении, м.

Отметка низа всасывающего патрубка

$$Z_{н.вс.п.} = Z_{BC} - 2 \cdot D_{BC.П.}, \text{ м.} \quad (8.7)$$

где  $Z_{BC}$  – уровень воды во всасывающем отделении, м.

Отметка дна в приемном отделении колодца зависит от того оснащения, которое устанавливается в нем. Она определяется дважды: для приемного и всасывающего отделений. Для того чтобы обеспечить пропуск воды через принятые сетки отметка дна приемного отделения должна быть

$$Z_{дн.пр.} = Z_{CL} - D_c - 0,7, \text{ м,} \quad (8.8)$$

где  $D_c$  – диаметр самотечной линии, м.

Отметка дна во всасывающем отделении

$$Z_{дн.вс.} = Z_{BC} - 0,2 - H_c - 0,7, \text{ м.} \quad (8.9)$$

или

$$Z_{дн.вс.} = Z_{н.вс.п.} - 0,8 \cdot D_{BC.П.}, \text{ м.} \quad (8.10)$$

где  $H_c$  – высота плоской сетки, м;

$D_{BC.П.}$  – диаметр всасывающего патрубка, м.

В качестве искомого принимается меньшая отметка из трех значений и обозначается  $Z_{дн.к.}$ . В целях создания приямка для выпадающих из воды осадков дно берегового колодца заглубляется под низом самотечных труб не менее чем на  $0,5 \div 1$  м.

Отметка низа приямка

$$Z_H = Z_{дн.к.} - 0,5, \text{ м.} \quad (8.11)$$

Глубину колодца находим

$$H_k = Z_n - Z_H, \text{ м.} \quad (8.12)$$

Рисунок 8.2 – Поперечный разрез реки в створе водозабора

### Б Береговой водоприемник с вращающимися сетками

По полученной общей площади водоприемных окон принимают размеры одного окна  $H_1$  и  $B_1$ , имея в виду разделение водоприемника на самостоятельные секции, причем число секций должно быть не менее двух. Каждая секция делится перегородкой на две части: приемную и всасывающую.

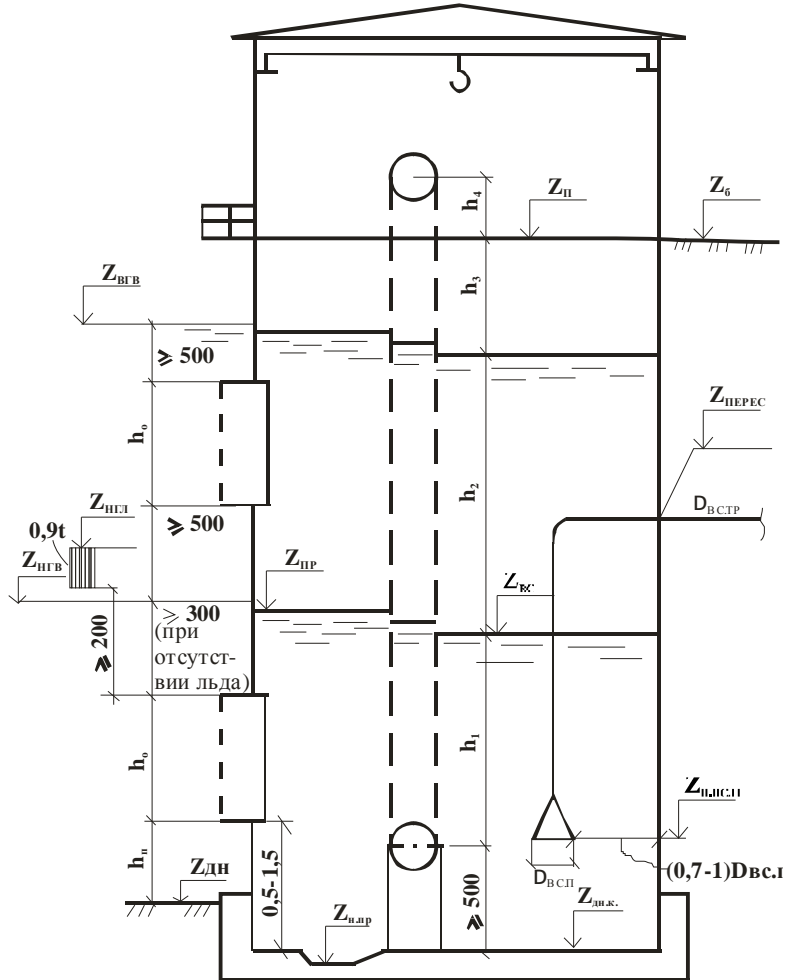


Рисунок 8.3 – Поперечный разрез реки в створе берегового водозабора  
раздельного типа

Таким образом, минимальная глубина для расположения лицевой стороны водоприемника должна быть

- при низшем расчетном уровне

$$h_{2L} = h_n + h_o + a, \quad (8.13)$$

где  $h_n$  – расстояние от дна до водоприемного окна, м, равное  $\geq 500$  мм;

$h_o$  – высота водоприемного окна, м, (определяли ранее);

$a$  – расстояние от водоприемного окна до расчетного низкого горизонта (СНГВ), м, равное  $\geq 300$  мм.

- при низшем расчетном уровне воды во время ледостава

$$h_{\mathcal{L}} = h_n + h_o + a, \quad (8.14)$$

где  $a$  – расстояние от нижнего края льда до водоприемного окна, м, равное  $\geq 200$  мм.

Следовательно, отметку дна реки в створе водозабора из условий размещения водоприемных окон нижнего яруса под СНГВ находим

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{СНГВ}} - h_{\text{эл}}, \quad (8.15)$$

где  $h_{\text{эл}}$  – минимальная глубина для расположения лицевой стороны водоприемника при низшем расчетном уровне, м.

Соответственно отметку дна реки в створе водозабора из условий размещения водоприемных окон нижнего яруса под НГЛ находим

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{НГЛ}} - 0,9 \cdot h_{\text{л}} - h_{\text{эл}}, \quad (8.16)$$

где  $h_{\text{эл}}$  – минимальная глубина для расположения лицевой стороны водоприемника при низшем расчетном уровне воды во время ледостава, м;

$h_{\text{л}}$  – толщина льда, м.

Окончательно принимаем меньшее значение  $Z_{\text{дн}}$ .

Минимальную отметку незатопленного берега в месте установления водоприемного колодца определяют по формуле (8.4)

Отметку пола служебного павильона определяют по формуле (8.5)

Размер сооружения с применением вращающихся сеток всегда будет больше, чем с использованием плоских (съёмных) сеток, за счет устройства дополнительных сеточных камер.

Глубина погружения под расчетный уровень  $h_1$ , м, составит для сеток:

- с внешним (и внутренним) двухсторонним подводом воды

$$h_1 = \frac{F_c - \pi BR}{2B}, \quad (8.17)$$

где  $B$  – ширина полотна сетки, м;  $R$  – радиус закругления сетки, м;

$h_1$  – глубина погружения сетки под расчетный уровень, обычно в пределах 1,5÷7 м.

$F_c$  – площадь полотна вращающейся сетки, м<sup>2</sup>.

- с лобовым подводом воды

$$h_1 = \frac{F_c}{B}, \quad (8.18)$$

Рассчитав глубину погружения сетки под расчетный уровень  $h_1$ , а, также имея величину заданного для данного источника колебания уровня  $h_2$ , определяем общую высоту  $H$  – расстояние между центрами звездочек полотна сетки

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (8.19)$$

где  $h_2$  – колебания уровня воды в заданном источнике, м;

$h_3$  – запас над максимальным расчетным горизонтом воды в водоеме (береговой водозабор) или уровнем грунтовых вод (русловой водозабор),  $h_3 = 1 \div 1,5$  м;

$h_4$  – высота агрегата сетки (расстояние от оси верхней звездочки до пола, на котором устанавливается механизма сетки), м.

Отметка дна в приемном отделении колодца зависит от того оснащения, которое устанавливается в нем. Она определяется дважды: для приемного и всасывающего отделений. Для того чтобы обеспечить пропуск воды через принятые сетки отметка дна приемного отделения должна быть:

- при использовании плоских сеток

$$Z_{\text{дн.пр.}} = Z_{\text{ПР}} - H_c - (\geq 0,5), \quad (8.20)$$

где  $Z_{\text{ПР}}$  – уровень воды в приемном отделении, м;

$H_c$  – высота плоской сетки, м;

$(\geq 0,5)$  – расстояние от дна колодца до начала сетки, м.

- при использовании вращающихся сеток

$$Z_{\text{дн.пр.}} = Z_{\text{ПР}} - h_1 - h_c - 0,1, \quad (8.21)$$

где  $h_1$  – глубина погружения сетки под расчетный уровень (высота рабочей части сетки), зависит от принятого типа подвода воды, м;

$h_c$  – расстояние от оси нижней звездочки до дна колодца, м.

Отметка дна во всасывающем отделении при вертикальных всасывающих трубопроводах

$$Z_{\text{дн.вс.}} = Z_{\text{ВС}} - 2,8 \cdot D_{\text{ВС.П.}}, \quad (8.22)$$

или

$$Z_{\text{дн.вс.}} = Z_{\text{н.вс.п.}} - 0,8 \cdot D_{\text{ВС.П.}}, \quad (8.23)$$

где  $D_{\text{ВС.П.}}$  – диаметр всасывающего патрубка находим по (7.4), м.

$Z_{\text{н.вс.п.}}$  – отметка низа всасывающего патрубка, м, находим

$$Z_{\text{н.вс.п.}} = Z_{\text{ВС}} - 2 \cdot D_{\text{ВС.П.}}, \text{ м.} \quad (8.24)$$

За расчетную отметку дна колодца  $Z_{\text{дн.к.}}$  принимают меньшую из отметок  $Z_{\text{дн.пр.}}$  и  $Z_{\text{дн.вс.}}$ , но не менее 0,5 м.

В целях создания приямка для выпадающих из воды осадков дно берегового водоприемника заглубляется под нижними входными окнами не менее чем на  $0,5 \div 1$  м.

Отметку низа приямка в приемном и всасывающем отделениях сетчатой камеры определяют

$$Z_{\text{н.п.}} = Z_{\text{дн.к.}} - 0,5, \text{ м.} \quad (8.25)$$

Глубина колодца

$$H_k = Z_n - Z_{\text{н.п.}}, \text{ м,} \quad (8.26)$$

где  $Z_n$  – отметка поверхности земли, м.

### ***В Береговой водоприемник с вращающимися сетками совмещенного типа***

Расчет такой же, как и в береговом водозаборе раздельного типа, кроме отметки дна во всасывающем отделении.

Отметка дна во всасывающем отделении при горизонтальных всасывающих трубопроводах

$$Z_{\text{дн.вс.}} = Z_{\text{ВС}} - 3,8 \cdot D_{\text{ВС.П.}}, \text{ м,} \quad (8.27)$$

или



**А Русловой водоприемник с плоскими сетками и импульсной промывкой самотечных линий**

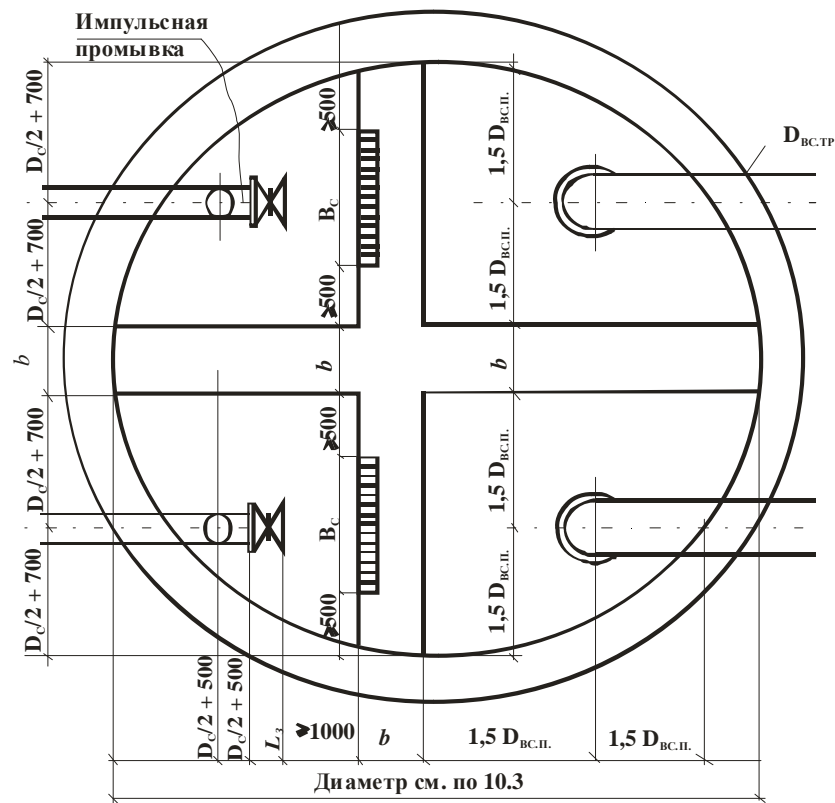


Рисунок 8.5 – План размещения оборудования в колодце

На рисунке 8.5 приняты следующие обозначения:

$D_c$  – диаметр самотечного трубопровода, мм;

$L_z$  – длина задвижки (затвора), мм (следует применять задвижки на

$P_y = 2,5 \text{ кгс/см}^2$ ) (см. [2]);

$B_c$  – ширина сетки, мм;

$D_{вс.п.}$  – диаметр всасывающего патрубка, мм;

$b$  – толщина стенки, не меньше 500 мм.

Диаметр колодца определяется по четырем цепочкам:

1) из условия размещения самотечных трубопроводов

$$D_{\text{кол}} = \frac{D_c}{2} + 700 + \frac{D_c}{2} + 700 + b + \frac{D_c}{2} + 700 + \frac{D_c}{2} + 700, \quad (8.29)$$

2) из условия размещения сеток:

$$D_{\text{кол}} = 500 + B_c + 500 + b + 500 + B_c + 500, \text{ мм}, \quad (8.30)$$

3) из условия размещения всасывающих трубопроводов:

$$D_{\text{кол}} = 1,5 D_{вс.п.} \cdot 4 + b, \text{ мм}, \quad (8.31)$$

4) из условия размещения арматуры сеток всасывающих трубопроводов в направлении движения воды:

$$D_{\text{кол}} = \left( \frac{D_c}{2} + 500 \right) \cdot 2 + L_z + \geq 1000 + b + 1,5 \cdot D_{вс.п.} \cdot 2, \text{ мм}, \quad (8.32)$$

Из четырех значений диаметров в проекте принимаем наибольшее с соответствующей корректировкой остальных размеров.



### **Б Береговой водоприемник с вращающимися сетками раздельного типа**

Ширина водоприемника определяется из условий размещения решеток  $B_1$ , сеток  $B_2$  и всасывающих трубопроводов  $B_3$ .

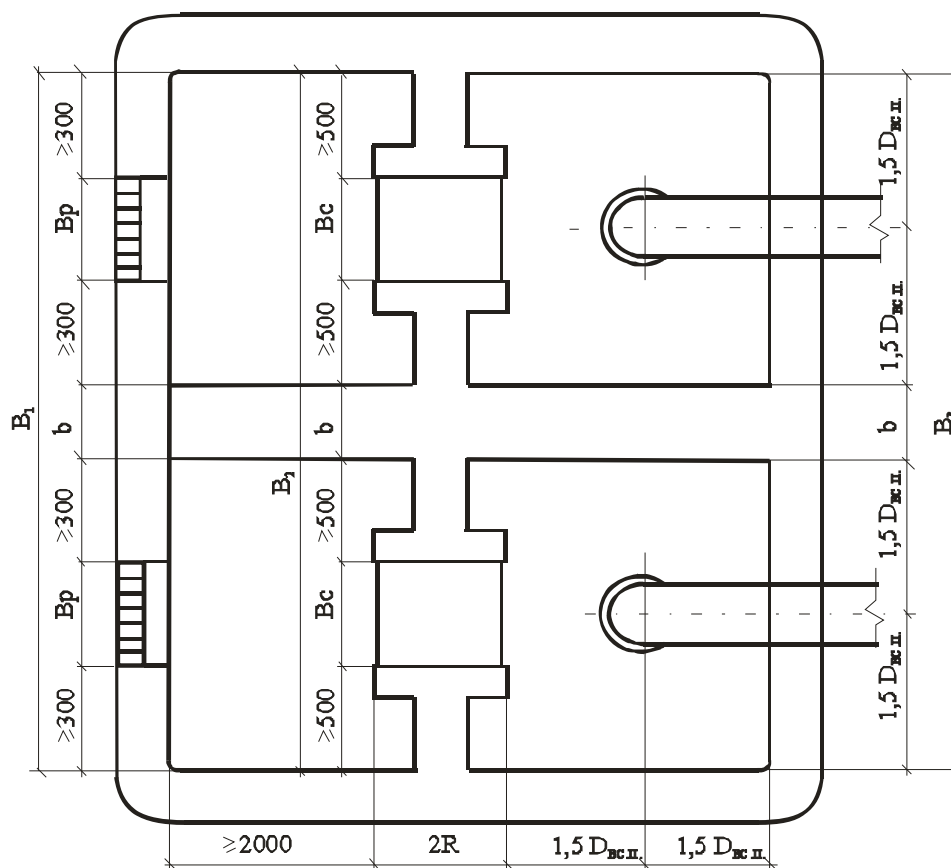


Рисунок 8.6 – План размещения оборудования в колодце.

На рисунке 8.6 приняты следующие обозначения:

$B_p$  – ширина решетки, мм;

$B_c$  – ширина сетки, мм;

$D_{вс.п.}$  – диаметр всасывающего патрубка, мм;

$b$  – толщина стенки, не меньше 500 мм;

$R$  – радиус нижней звездочки вращающейся сетки, мм.

1) из условий размещения самотечных трубопроводов или решеток:

$$B_1 \geq 300 + B_p + \geq 300 + b + \geq 300 + B_p + \geq 300, \text{ мм}; \quad (8.33)$$

2) из условий размещения сеток:

$$B_2 \geq 500 + B_c + \geq 500 + b + \geq 500 + B_c + \geq 500, \text{ мм}; \quad (8.34)$$

3) из условий размещения всасывающих трубопроводов:

$$B_3 = 1,5D_{вс.п.} + 1,5D_{вс.п.} + 500 + 1,5D_{вс.п.} + 1,5D_{вс.п.} \text{ мм}. \quad (8.35)$$

Из трех полученных значений ширины в проекте принимаем наибольшее с соответствующей корректировкой остальных размеров.

### **В Береговой водоприемник с вращающимися сетками совмещенного типа**

Подземная часть водоприемников в плане может иметь круглую, квадратную или прямоугольную форму. Размеры водоприемника должны быть такими, чтобы были обеспечены возможность монтажа и демонтажа оборудования, удобство и безопасность эксплуатации.

При совмещенном водозаборе минимальный внутренний диаметр колодца зависит от схемы размещения насосных агрегатов, трубопроводов, арматуры и прочего оборудования и может быть по формуле (для варианта размещения насосов, приведенного на рис. 8.7)

$$D_{\min}^{6H} = 3 \cdot (l_{н.а.} + c), \text{ м}, \quad (8.36)$$

где  $l_{н.а.}$  – длина насосного агрегата, м;

$c$  – монтажные зазоры,  $c = 0,7 \dots 1$  м.

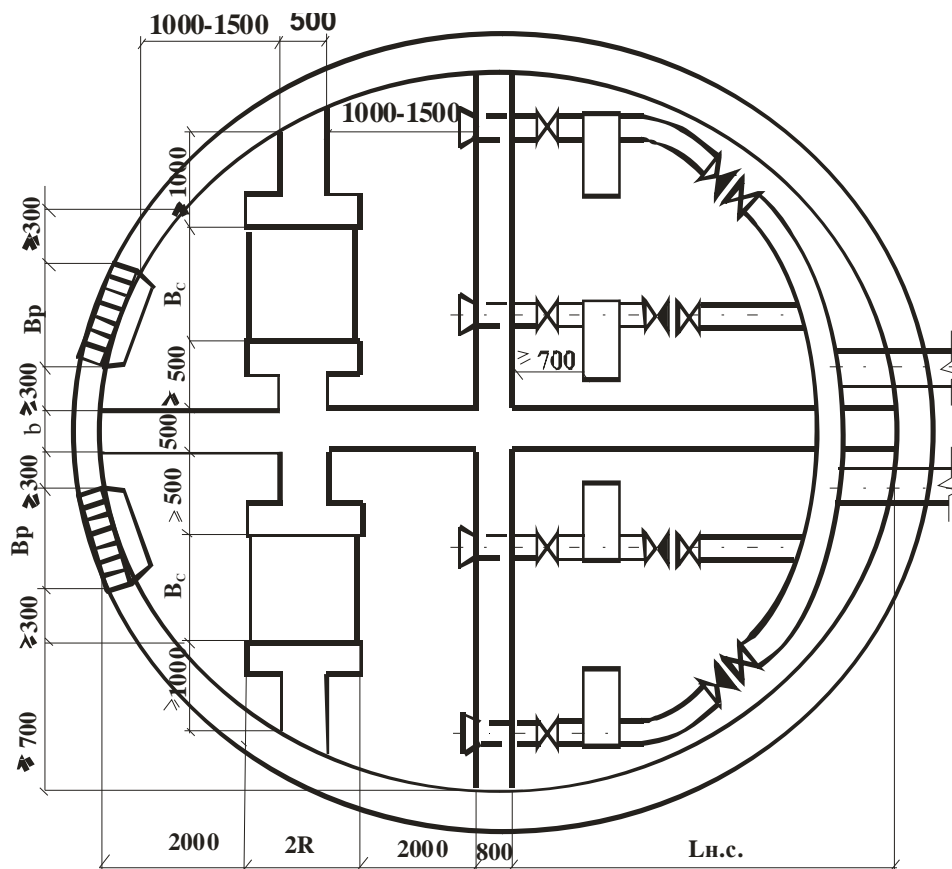


Рисунок 8.7 – План размещения оборудования в колодце совмещенного типа

Рекомендуемые диаметры колодцев составляют 3...6 м для сеточных колодцев и 18...24 м для водоприемников, совмещенных с насосной станцией первого подъема. Размер колодца должен быть увязан с размером наземного павильона.

#### **8.4 Определение строительных размеров наземной части**

В павильоне размещается оборудование для промывки сеток и чистки решеток, в том числе экраны для перехвата струй промывной воды и ее сброса в канализацию. Следовательно, величина наземной части находится из условия обеспечения погрузки и выгрузки оборудования и арматуры с транспортного

средства или возможности проноса разгружаемого (погружаемого) оборудования над оборудованием, расположенным в служебном павильоне.

Высота служебного павильона над береговым колодцем, которое оборудовано мостовым краном, должно иметь высоту

$$H \geq h_{n.p.} + h_{кр} + h_{стр} + h_{зр.} + h_{об} + 0,5 + 0,1, \quad (8.37)$$

где  $h_{n.p.}$  – высота крана над головкой подкранового рельса, м [2, С. 408];

$h_{кр}$  – минимальная высота от зева крюка до головки рельса, м, находится по [2, С. 408-420];

$h_{стр}$  – высота строповки груза, принимается равной  $0,5 \div 1$  м;

$h_{зр.}$  – высота груза, м;

$h_{об}$  – высота оборудования, находящегося над полом павильона, м;

0,5 – высота от груза до пола или до установленного оборудования, м;

0,1 – высота от низа перекрытия до верха конструкции крана, м.

Высота служебного павильона над береговым колодцем, которое оборудовано подвесной кран-балкой, должно иметь высоту

$$H \geq h_{к.б.} + h_{кр} + h_{стр} + h_{зр.} + 0,5, \quad (8.38)$$

где  $h_{к.б.}$  – высота монорельса кран-балки с учетом конструкции подвески его к перекрытию, м;

$h_{кр}$  – минимальная высота от низа монорельса до зева крюка, м,

Высота наземной части должна быть кратна 1200 мм.

Размеры наземной части в плане должны обеспечивать удобства и безопасность обслуживания установленного оборудования и арматуры и должны быть кратными 3000 мм (ширина) и 6000 мм (длина); при этом они могут отличаться от размеров подземной части как в одну, так и в другую сторону.

## **9 УДАЛЕНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ САМОТЕЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, ЧИСТКА РЕШЕТОК И СЕТОК, УДАЛЕНИЕ ОСАДКА ИЗ ВОДОПРИЕМНИКА**

### **9.1 Промывка самотечных трубопроводов**

При относительно малых скоростях движения воды в самотечных линиях в них осаждаются частично взвешенные вещества. Необходима периодическая промывка.

Наибольшее распространение получила промывка прямым или обратным током воды с увеличенными скоростями. При диаметре самотечной линии 600 мм и выше возможно производить промывку прямым током воды, повышая скорость путем отключением из работы одной самотечной линии и подачей полного или увеличенного расхода в береговой колодец по линиям, оставшимся в работе. Очистку самотечных труб диаметром до 500 мм включительно рекомендуется производить путем обратной промывки насосами I-го подъема. Для этой цели должна быть запроектирована специальная промывная линия от напорных

водоводов I-го подъема с соответствующим присоединением к самотечным трубам в береговом колодце.

Промывной трубопровод подсоединяется к самотечным линиям в водоприемной камере перед задвижками (тарельчатыми клапанами).

Промывная скорость может быть определена по формуле

$$V_{np} \geq A(d \cdot D_c)^{0,25}, \text{ м/с}, \quad (9.1)$$

где  $A$  – параметр, принимаемый равным  $7,5 \div 10$ ;

$d$  – крупность отложившихся наносов, м;

$D_c$  – диаметр самотечного трубопровода, м.

Диаметр промывного трубопровода в границах водоприемного колодца находим по формуле или принимаем равным  $0,5 \div 0,6 D_c$

$$D_{np} = \sqrt{\frac{\omega \cdot 4}{\pi}}, \text{ м}, \quad (9.2)$$

где  $\omega$  – площадь живого сечения трубопровода, находим по формуле

$$\omega = \frac{Q_{np}}{v}, \text{ м}^2, \quad (9.3)$$

где  $v$  – скорость движения воды в подводящем промывную воду трубопроводе принимается  $2 \div 3$  м/с.

$Q_{np}$  – расход промывной воды может быть определен по формуле

$$Q_{np} = \frac{D_c^2 \pi \cdot V_{np}}{4}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (9.4)$$

## 9.2 Удаление загрязнений с решеток и сеток

При промывке самотечных трубопроводов обратным током воды одновременно удаляются загрязнения и с решеток. Для удаления загрязнений с решеток применяется также импульсная промывка решеток.

Удаление загрязнений с решеток береговых водоприемников производится с балкона механическим путем. Удаление загрязнений с решеток на оголовках также производится механическим путем с лодок, при этом следует иметь в виду, что в период половодий и паводков решетки недоступны для обслуживания.

Расчетные расходы  $Q_n$  для промывки решеток фильтрующих водоприемников принимают:

а) для ряжевых фильтрующих водоприемников

$$Q_n = (1,5 \dots 2,0) Q_s; \quad (9.5)$$

б) для отверстий, расположенных в вертикальной плоскости и огражденных сороудерживающими решетками

$$Q_n = 0,75 Q_n, \quad (9.6)$$

где  $Q_n$  – расход воды, забираемой одним водоприемным отверстием, л/с.

Чистка плоских сеток осуществляется гидравлическим путем струей воды. Для этого в служебный павильон подводится от напорных водоводов трубопроводов с установленным на нем поливочным краном  $d = 20 - 50$  мм, к которому подсоединяется шланг или пожарный рукав с брандспойтом. Для приема

промывной воды над полом предусматривается лоток с отводящим трубопроводом

Удаление загрязнений с вращающихся сеток производится с помощью промывного трубопровода  $d = 100$  мм, подающего воду из напорных водоводов насосной станции. Он располагается над полом служебного павильона внутри сетки и снабжается гидравлическими насадками или отверстиями, направленными в сторону промываемого полотнища. Для сбора промывной загрязненной воды ниже пола устраивается приемный лоток шириной 400-500 мм, на 100-200 мм больше ширины сетки. Отвод промывной воды производится по канализационному трубопроводу диаметром 200-300 мм.

### 9.3 Удаление осадка из водоприемника

Для удаления осадка предусматривают установку гидроэлеваторов или песковых насосов.

Производительность гидроэлеватора для удаления осадка

$$Q_{EL} = \frac{W_{oc}}{t}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (9.7)$$

где  $W_{oc}$  – объем осадка, который принимается равным объему одной секции водоприемной части берегового сетчатого колодца при высоте осадка  $h = 0,75 \dots 1$  м,  $\text{м}^3$ ,

$t$  – время удаления осадка, 1200...1800 с.

Объем осадка находим:

$$\text{- для круглого колодца } W_{oc} = \frac{\pi D_k^2 \cdot h}{4 \cdot 4}, \text{ м}^3, \quad (9.8)$$

где  $D_k$  – диаметр водозаборного колодца, м.

$$\text{- для прямоугольного } W_{oc} = \frac{B \cdot L \cdot h}{4}, \text{ м}^3, \quad (9.9)$$

Диаметр трубопроводов, по которым по гидроэлеватору подается рабочая вода и отводится от него пульпа, определяется согласно по расходу воды и расходу пульпы при принятых скоростях (1,5...2 м/с). Необходимый расход воды, который подводится к гидроэлеватору

$$Q_B = \frac{Q_{EL} \cdot h}{\eta(H - h)}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (9.10)$$

где  $h$  – высота поднятия воды гидроэлеватором, м, высота колодца;

$H$  – напор воды, который подводится к гидроэлеватору, м, [2, С. 49];

$\eta$  – к.п.д. гидроэлеватора (0,1...0,25).

## 10 ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Подбор решеток и сороудерживающих сеток произведен ранее.

Необходимо также подобрать запорное оборудование (колонок управления задвижками и затворами), оборудование для удаления наносов, насосы, подъемно-транспортное оборудование (ПТО) и установление рыбозащитных устройств.

Для удаления наносов из береговых колодцев рекомендуются:  
при совмещенной компоновке:

- грязевые насосы (при мутных источниках);

- взмучивание осадка струями воды с последующим удалением его через всасывающие линии насосов (при маломутных источниках);

при отдельной компоновке – гидроэлеваторы. Техническая характеристика стационарных гидроэлеваторов приведена в [2, С. 49].

### **10.1 Подбор грузоподъемных устройств**

Грузоподъемные устройства используются на водозаборах для замены или очистки решеток, плоских сеток, для монтажа и ремонта вращающихся сеток, трубопроводов, трубопроводной арматуры.

Тип и привод подъемно-транспортного оборудования принимается в зависимости от наиболее тяжелого груза, который поднимается (или усилия для поднятия решетки, сетки, плоского затвора, которые находятся в контакте с водой), высоты подъема и длины подкранового пути. При массе груза до 5 т (или усилия до 50 кН) следует принимать таль ручную или кран балку ручную; при массе груза больше 5 т – кран мостовой ручной (табл. 8, прил. 1). При подъеме груза на высоту больше 6 м или при длине подкранового пути больше 18 м следует принимать электрическое крановое оборудование.

Расчетное усилие для подъема решеток, сеток, плоских затворов, которые находятся в контакте с водой

$$G = (P + q \cdot f \cdot F) \cdot g \cdot K, \text{ кг}, \quad (10.1)$$

где  $P$  – масса решетки, сетки, затвора, кг;

$q$  – давление воды на 1 м<sup>2</sup> площадки решетки при допустимом перепаде 0,5 м, равное 0,5 тс/м<sup>2</sup> или 500 кг/м<sup>2</sup>, а для сеток при допустимом перепаде уровнем 0,15 м – 0,15 т/м<sup>2</sup> или 150 кг/м<sup>2</sup>;

$f$  – коэффициент трения металла по смоченному металлу, (для решеток и сеток – 0,44; для дисковых затворов – 0,3; для поворотных затворов – 0,1);

$F$  – площадь поверхности решетки, сетки, затвора, м<sup>2</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м<sup>2</sup>/с;

$K$  – коэффициент запаса, равный 1,5.

### **10.2 Подбор арматуры**

Для отключения самотечных линий рекомендуются дисковые затворы и тарельчатые клапаны; задвижки применяются только при заборе воды из чистых водоемов. Это оборудование подбирается по табл. VI.19 [2, С. 327-329].

Арматура подбирается по диаметру и давлению. Задвижки следует применять по возможности на давление 0,25 Мпа (2,5 кгс/м<sup>2</sup>). Управление задвижками осуществляется с пола служебного павильона с помощью колонок управления [2, С. 40]. При диаметре задвижек более 400 мм – привод электрический.

Для промывки плоских сеток в служебном павильоне следует предусматривать установку поливочного крана  $d=20-50$  мм со шлангом длиной 5-10 м.

Для перекрыwania входных окон береговых водоприемников применяю щитовые затворы, подбираемые по таблице 11.23, 11.24 [2, С.34-38], такие же затворы могут устанавливаться и на перепускных отверстиях между секциями.

### ***10.3 Рыбозащитные устройства***

При проектировании водозаборов на источниках, которые имеют рыбохозяйственное значение, защита рыбы от попадания её в водоприемник может осуществляться как с устройством специальных рыбозащитных устройств (РПУ), так и без них.

Рыбозащитные устройства должны рассматриваться как неотъемлемые элементы водозаборов, так как при эксплуатации водозаборов рыба, особенно молодь, затягивается потоком воды в водоприемные отверстия и во внутренние коммуникации, где травмируется и гибнет. В проекте могут быть применены следующие виды рыбозаградителей: плоские сетки, барабанные сетки, с ячейками, соответствующими длине тела защищаемых рыб, а также в виде фильтрующих элементов водоприемника: фильтры из каменной наброски, фильтрующие кассеты, запани, завесы из воздушных пузырьков или струй воды, электрическое поле.

## **11 САНИТАРНАЯ ОХРАНА ПЛОЩАДКИ ВОДОЗАБОРА**

Для водозаборов систем хозяйственно-питьевого водоснабжения обязательно устройство зон санитарной охраны (ЗСО).

Зону санитарной охраны водного источника устраивают для обеспечения санитарно-эпидемиологической надежности водного источника в месте забора из него воды.

Вокруг водозабора должна быть предусмотрена зона строгого санитарного режима, где не допускается строительство, не относящееся к водопроводу, временное или постоянное проживание людей, водопой лошадей и выпас скота, купание, выпуск стоков, ловля рыбы, применение для растений ядохимикатов. При проектировании зон санитарной охраны рекомендуется пользоваться СНиП п.10.8-10.11, 10.17-10.20.

## **12 СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

Водоприемное сооружение состоит из подземной и наземной частей. Подземная часть всех водоприемников устраивается из монолитного или сборного железобетона круглой или прямоугольной формы в плане, наземная часть – из кирпича или из сборных железобетонных элементов прямоугольной формы в плане.

Вид основания подземной части определяется способом возведения сооружения, который зависит главным образом от геологических и гидрогеологических условий строительства.

Размеры сторон подземной части прямоугольных сооружений должны быть кратны 1500 мм, что позволяет использовать для покрытий типовые плиты 1,5х6 м; конструктивная высота сборных стеновых панелей принимается кратной 300 мм. При устройстве из монолитного железобетона стен и покрытия размеры подземной части не унифицированы.

Опускные колодцы круглой формы устраиваются диаметром 6, 7, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60 м. Глубины колодцев принимаются с шагом 1 м. Оси цилиндрического сооружения могут быть совмещены с внутренней поверхностью стен при опирании плит покрытия на консоли стеновых панелей. Толщина панелей в подземной части, устраиваемой из сборных элементов, принимается 300-800 мм, а толщина стен из монолитного железобетона – 1,5 м.



## 13 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Задача 1

Выполнить технологический расчёт берегового водозабора (площадь грубых решёток, уровни воды в отделениях) при следующих данных:

производительность	185 000 м <sup>3</sup> /сут;
диаметр прутьев решётки	6 мм;
расстояние в свету	60 мм;
скорость входа воды в водозабор	0,7 м/с;
СНГВ	90 м;
потери напора в решётке	0,08 м;
потери напора в сетке	0,15 м.

### Задача 2

Определить потери напора и диаметр самотечном трубопроводе. Длина самотечного трубопровода – 100 м., расход 0,85 м<sup>3</sup>/с скорость 1,67м/с, потери напора в решетке – 0,05 м, сумма местных сопротивлений – 2,5.

### Задача 3

Расчетный расход – 0,5м<sup>3</sup> /с. Определить размеры основных элементов руслового водозабора: решеток (стержни 1,2 см, расстояние между стержнями в свету 6 см), сеток (прутья диаметром 2мм, ширин отверстий 6 мм). Тяжелые условия забора воды

### Задача 4

Рассчитать производительность насосной станции, определить количество насосов и диаметр всасывающих линий, Максимальный суточный расход равен 52000 м<sup>3</sup>/сут, скорость движения воды 1,43 м/с. Напор 55 м.

### Задача 5

Определить расчетные расходы руслового водозабора и диаметр самотечных линий. Максимальный суточный расход равен  $120000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ , потери напора в решетках  $0,02 \text{ м}$ , потери напора в сетках  $0,2 \text{ м}$ . Определить уровни в отделениях, 1 кат. Над, СНГВ –  $112 \text{ м}$ .

### Задача 6

Определить глубину воронки размыва консольного бетонного перепада и расход на  $1 \text{ м}$  ширины. Расчетный расход консоли  $Q=25 \text{ м}^3/\text{с}$ , ширина  $b=10 \text{ м}$ , длина консоли  $4 \text{ м}$ , скорость в конце консоли  $V=20 \text{ м/с}$ , глубина воды в конце консоли  $=0,2 \text{ м}$ , высота падения струи  $P=7 \text{ м}$ , грунт – скала. Глубина воды в отводящем канале  $h_1=2 \text{ м}$ .

### Задача 7

Определить глубину воронки размыва консольного бетонного перепада и расход на  $1 \text{ м}$  ширины. Расчетный расход консоли  $Q=40 \text{ м}^3/\text{с}$ , ширина  $b=7 \text{ м}$ , длина консоли  $4 \text{ м}$ , скорость в конце консоли  $V=15 \text{ м/с}$ , глубина воды в конце консоли  $=0,7 \text{ м}$ , высота падения струи  $P=9 \text{ м}$ , грунт – слабые грунты. Глубина воды в отводящем канале  $h_1=2 \text{ м}$ .

### Задача 8

Произвести упрощенный расчет прямоугольного быстротока длиной  $50 \text{ м}$ . Быстроток должен пропускать расход  $Q=40 \text{ м}^3/\text{с}$ . Глубина воды в подводящем канале  $H_0=2,02 \text{ м}$ , глубина воды в отводящем канале  $h=1,8 \text{ м}$ , глубина сжатия струи  $h_{сж} 0,39 \text{ м}$ , глубина струи в полете  $h_2^!=3,02$ , глубина колодца  $d=1,4 \text{ м}$ .

### Задача 9

Определить размеры зубцов и расстояние между зубцами, а также площадь живого сечения и удельную шероховатость для одиночного зигзага в прямоугольном бетонном лотке. Расход воды, проходящей по быстротоку  $Q=20 \text{ м}^3/\text{с}$ , скорость  $v=5 \text{ м/с}$ , ширина лотка быстротока  $b=6 \text{ м}$ , уклон дна  $0,15$ ,  $k_1=5,3$  (отношение глубины воды и высоты зубцов).

### **Задача 10**

Рассчитать производительность насосной станции, определить количество насосов и диаметр всасывающих линий, Максимальный суточный расход равен  $100000 \text{ м}^3/\text{сут}$ , скорость движения воды  $1,02 \text{ м/с}$ . Напор  $80 \text{ м}$ .

### **Задача 11**

Определить расчетные расходы руслового водозабора и диаметр самотечных линий. Максимальный суточный расход равен  $170000 \text{ м}^3/\text{сут}$ ., потери напора в решетках  $0,02 \text{ м}$ , потери напора в сетках  $0,12 \text{ м}$ . Определить уровни в отделениях, 2 кат. над., СНГВ –  $110 \text{ м}$ .

Таблица 1 – Выбор типа водоприемного устройства

Степень надежности забора воды водоприемниками	Типы водоприемных устройств	Категория водозаборных сооружений								
		Природные условия забора воды								
		легкие			средние			тяжелые		
		Схемы водозаборов								
		а	б	в	а	б	в	а	б	в
I	Береговые, незатопляемые водоприемники с водоприемными отверстиями, всегда доступными для обслуживания, с необходимыми ограждающими и вспомогательными сооружениями и устройствами	I	-	-	I	-	-	II	I	I
II	Затопленные водоприемники всех типов, удаленные от берега, практически недоступные в отдельные периоды года	I	-	-	II	I	-	III	II	I
III	Нестационарные водоприемные устройства: плавучие фуникулерные	II III	I II	- -	III -	III -	II -	- -	- -	- -

Примечание: 1. Таблица составлена для водозаборов, устраиваемых по трем схемам: схема "а" - в одном створе; "б" - то же, но при нескольких водоприемниках, снабженных средствами борьбы с шугой, наносами и другими затруднениями забора воды; схема "в" - в двух створах, удаленных на расстояние, исключающее возможность одновременного перерыва забора воды.

2. В водозаборных сооружениях I и II категории надлежит предусматривать секционирование водоприемной части.

Таблица 2 – Условия применения водозаборных сооружений различных типов

Тип водозаборного сооружения	Область и условия применения
<u>С русловым водоприемником:</u>	Пологий берег; наличие пойменной террасы; отсутствие достаточных глубин у берега; не- скальный грунт.
раздельного типа	Амплитуда колебания уровней воды в реке до 6-8 м; допустимая высота всасывания насосов – более 3-4 м; производительность водозабора $Q_v$ до $1 \text{ м}^3/\text{с}$ .
раздельного типа с сифонными водоводами	Большое заглубление самотечных водоводов на большой длине; неблагоприятные геологические и гидрологические условия для укладки самотечных водоводов.
совмещенного типа	Амплитуда колебания уровней воды более 6 м при производительности водозабора до $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ; при производительности 1-6 $\text{м}^3/\text{с}$ – амплитуда любая.
<u>С береговым водоприемником:</u>	Наличие достаточных глубин в русле у берега; крутой берег; не загрязненность воды у берега.
раздельного типа	Амплитуда колебания уровней воды в реке до 6-8 м; допустимая высота всасывания насосов – свыше 3-4 м; производительность водозабора $Q_v$ до $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .
совмещенного типа	Амплитуда колебания уровней воды – любая; производительность водозабора – любая; необходимость установки насосов под залив.
совмещенного типа с дополнительным русловым водоприемником	Загрязненность воды (в том числе бактериальная) у берега в межень и относительно небольшая загрязненность в паводок; пологий берег; амплитуда колебания уровней воды – любая; производительность водозабора более $1 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Таблица 3 – Размеры мусорозадерживающих решеток

Проходное отверстие, мм	400х600	600х800	800х1000	1000х1250	1250х1500	1500х2000	1750х2500	2000х2500	2500х3000
Масса, кг	20	33	52	94	135	205	420	582	693
Площадь окна, $\text{м}^2$	0,24	0,48	0,8	1,08	1,62	2,58	3,2	4,16	6,24

Таблица 4 – Размеры, мм, и масса, кг, сеток съёмных плоских

Размеры перекрываемого отверстия, мм		Наружные размеры сетки, мм		Масса сетки, кг, при диаметре проволоки 1,2 мм и размере ячеек 2x2 мм
ширина	высота	ширина	высота	
800	1000	930	1130	53,5
	1250		1380	61
	1500		1630	68,7
1000	1250	1130	1380	68
	1500		1630	88,8
	2000		2130	107,3
	2500		2630	119,5
1250	1500	1380	1630	90
	2000		2130	119
	2500		2630	143
1500	2000	1630	2130	127,5
	2500		2630	170,3
	3000		3130	204
1750	2000	1880	2130	159
	2500		2630	185
	3000		3130	225
2000	2500	2130	1630	216
	3000		3130	260

Таблица 5 – Основные технические данные вращающихся сеток

Марка сетки	Пропускная способность, м³/с	Размеры, мм							Масса, т
		H	B	b	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	R	
ТН-1500	1-5	5000-200000	1500	1680	1150	1200	2695	730	1,1-1,4 на 1 м расстояния между звездочками
ТН-2000	1,5-7		2000	2180	1200	1150	3100	730	
ТН-2500	2-8		2500	2680	1700	1280	2775	1075	
ТН-3000	2-10		3000	3180	1900	1300	2800	1425	
ТЛ-3100	2-6	*[2]	3100	3420	1000	2000	3100	1000	15
СВБ-2350	3; 5	*[2]	2230	см. [2]	1250	890	3615	см. [2]	7,44; 7,74

Примечание. При производительности сеток и расстояние между звездочками *H* определяются местными условиями в зависимости от высоты водозабора и глубины погружения сетки под расчетный уровень.

Таблица 6 – Скорости движения воды в самотечных трубопроводах

Диаметр водоводов, мм	Скорость движения воды, м/с, в водозаборах категории	
	I	II и III
300 - 500	0,7 ÷ 1	1 ÷ 1,5
500 - 800	1 ÷ 1,4	1,5 ÷ 1,9
Более 800	1,5	2

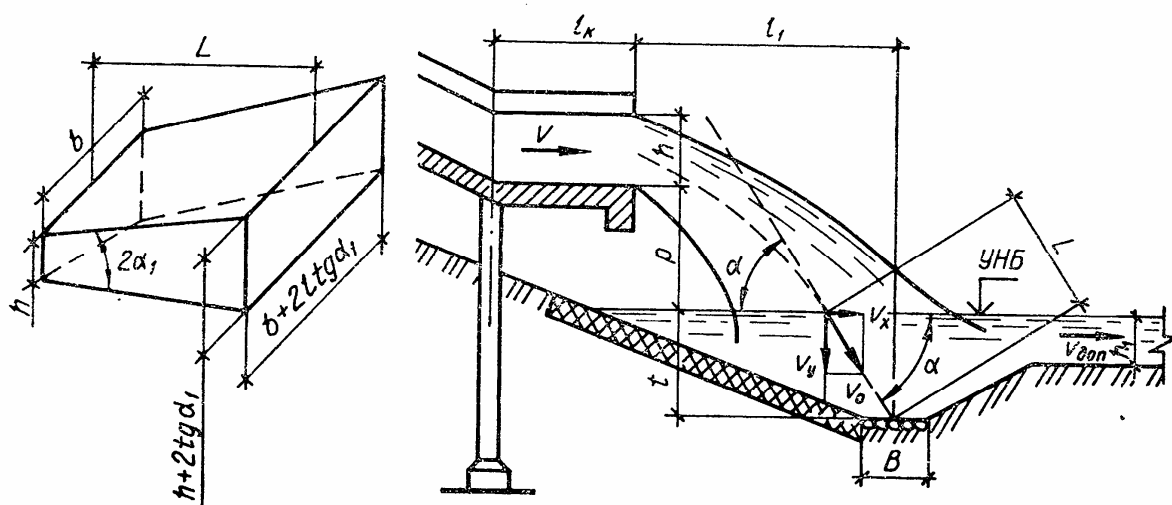


Рисунок 1 – Схема для гидравлического расчета воронки размыва за консольным перепадом

Таблица 1 – Коэффициент аэрации А

h, м	Значения А при v, м/с				
	5	10	15	20	25
0,2	0,70	0,64	0,62	0,61	0,60
0,5	0,88	0,71	0,66	0,63	0,52
0,7	1	0,90	0,70	0,66	0,64

Таблица 2 – Коэффициент размыва K<sub>p</sub>

Род грунта	Значения K <sub>p</sub> при α°					
	0	12	25	40	60	90
Очень слабые грунты (пывуны)	1,4	1,8	2,4	2,8	3,3	4,5
Прочие грунты и скала (после длительного размыва)	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7	3,3

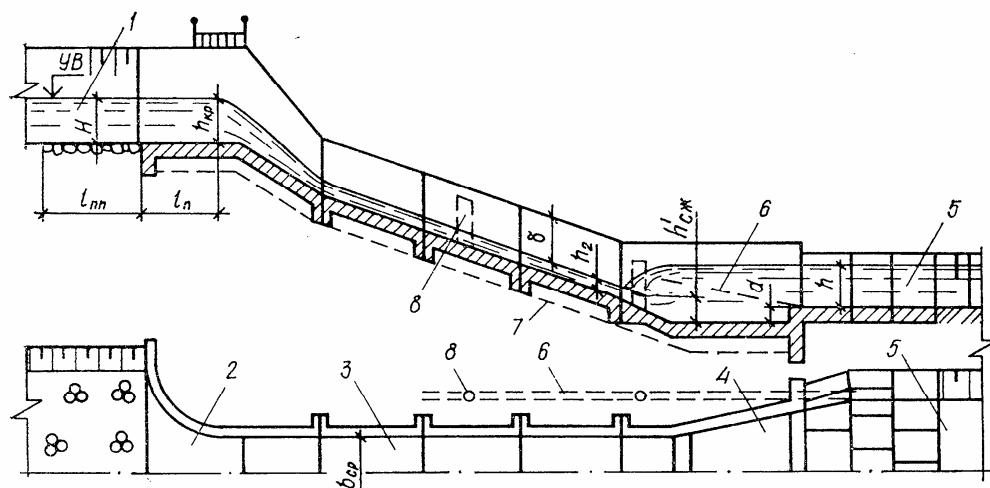


Рисунок 2 – Быстроток

Таблица 3 – Определение нормальной глубины воды в лотке быстротока

$h_H$	$b$	$\omega = b h_H$	$\chi$	$R = \frac{\omega}{\chi}$	$\sqrt[3]{R}$	$i_0$	$\sqrt[3]{i_0}$	$n$	$c$	$v = c \sqrt[3]{R i_0}$	$Q = v \omega$
0,40	9	3,6	9,8	0,36	0,6	0,15	0,39	0,017	48,6	11,4	41,0
0,38	9	3,4	9,76	0,35	0,59	0,15	0,39	0,017	48,6	11,18	38,0
0,39	9	3,5	9,78	0,358	0,595	0,15	0,39	0,017	48,6	11,28	39,6



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дмитриєв А.Ф., Хлапук М.М., Шумінський В.Д. та ін. Гідротехнічні споруди: Підручник для вузів. – Рівне: РДТУ, 1999. – 328 с.
2. Кириенко И.И., Химерик Ю.А. Гидротехнические сооружения: Учебное пособие. – К.: Вища школа, 1987. – 154 с.
3. Волков И.М., Кононенко П.Ф., Федичкин И.К. Гидротехнические сооружения: Учебник. – М.: Колос, 1968, 464 с.
4. Гидротехнические сооружения: Учебник / Под ред. М.П. Розанова – М.: Аг-ропромиздат, 1966. – 432 с.
5. Благодарна Г.І., Крамаренко Л.В., Ярошенко Ю.В. Гідротехнічні споруди. Конспект лекцій. – Х.: ХГАГХ, 2011.
6. СНиП 2.06.01-86. Гидротехничесике сооружения речные. Основные положения проектирования. – М.: Стройиздат, 1985.

*Навчальне видання*

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до курсової роботи та практичних занять

з дисципліни

**ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ**

*(для студентів 2 Зкурсів денної та заочної форми навчання  
за напрямом підготовки 6.06010 – Гідротехніка (Водні ресурси))*

(рос. мовою)

Укладачі: **БЛАГОДАРНА** Галина Іванівна  
**БУЛГАКОВА** Олеся Вікторівна

Відповідальний за випуск *С. С. Душкін*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *О. В. Булгакова*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2015, поз. 87М

---

Підп. до друку 24.06.2015  
Друк на ризографі.  
Тираж 50 пр.

Формат 60x84/16  
Ум. друк. арк. 2,5  
Зам. №

---

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.